УДК: 621.893:822.5

В.А.КОХАНОВСКИЙ, Ю.А.ПЕТРОВ, М.А.МУКУТАДЗЕ, М.Х.СЕРГЕЕВА

# КОНТРТЕЛА В ТРИБОСИСТЕМАХ С ФТОРОПЛАСТСОДЕРЖАЩИМ ПОКРЫТИЕМ

*В работе приводятся результаты экспериментальных исследований параметров контртел, контактирующих с композиционными полимерными покрытиями.*
***Ключевые слова:*** *металлополимерные трибосистемы, материалы контртел, допустимая шероховатость, износостойкость.*

**Введение.** В металлополимерных трибосистемах существенное влияние на ресурс оказывают характеристики контртел – металлических деталей, контактирующих с полимерным покрытием. Особенно значительно это воздействие в тяжелонагруженных парах трения с самосмазывающимися композиционными покрытиями на основе фторопластовых волокон [1].

**Постановка задачи**. В настоящее время строгое теоретическое решение задачи об оценке влияния природы и марки материала контртела на параметры трения и изнашивания не может быть реализовано. В связи с этим планируются экспериментальные исследования, которые позволяют установить зависимость характеристик рассматриваемого сопряжения от типа материала контртел и степени обработки их поверхности.

**Методика.** Экспериментальные исследования проводились на стенде с возвратно-качательным движением, выполненным на базе настольно-фрезерного станка модели НГФ.

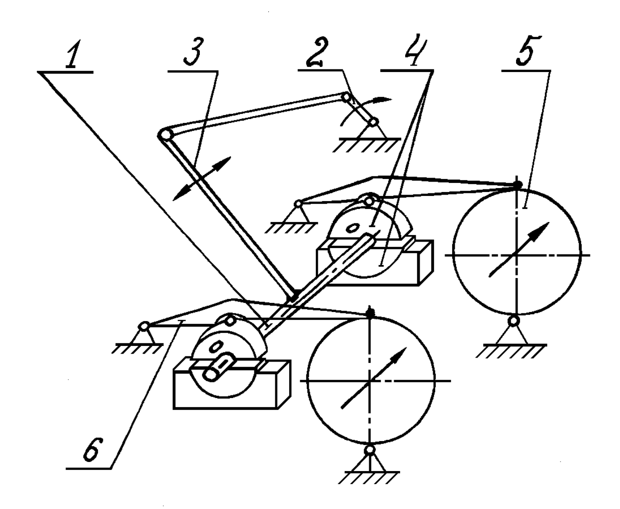



Рис.1. Схема стенда

Шпиндель станка вращает кривошип 2 рычажного механизма, конечное звено 3 которого сообщает возвратно-качательное движение контртелу 1. Образцы 4 неподвижны. Нагрузка от динамометра растяжения марки ДПУ-0,5-2 (5) через рычаг 6 с соотношением плеч 1:10 передаёт усилие на образцы 4.

Момент трения измерялся тензорезисторами и фиксировался на автоматическом потенциометре Н338-611. Величина износа определялась индикатором часового типа.

Исследовались покрытия толщиной 0,53 мм на основе армирующего каркаса из шестиремизного неправильного атласа. Контртела, контактирующие с покрытием, изготавливались из следующих материалов: конструкционной стали 45, подшипниковой стали ШХ15, нержавеющей стали 1Х18Н9Т, бронзы БрАЖ9-4 и алюминиевого сплава Д16Т. Влияние шероховатости поверхности контртел исследовалось на валиках диаметром 14мм в диапазоне $R_a$=0,025 – 1,3 мкм на стенде с вращательным движением [2].

Все исследования проводились при величине средних (по проекции вала) контактных напряжениях $\sigma$ =50МПа и скорости скольжения V=0,083 м/с. Экспериментальные результаты обрабатывались методом наименьших квадратов.

**Результаты исследований**. Результаты экспериментальных исследований трибосистем с контртелами из различных материалов представлены в табл.1.

Таблица 1

Влияние природы материала контртела на параметры изнашивания

| № п/п | Марка материала | Приработочный износ, мм | Средняя скорость изнашивания, $\times 10^3$мм/час | Интенсивность изнашивания $\times 10^{-9}$ | Ресурс, час |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Сталь 45 | 0,17 | 2,803 | 10,510 | 187,7 |
| 2 | Сталь ШХ15 | 0,128 | 2,329 | 8,825 | 209,1 |
| 3 | Сталь 14Х17Н2 | 0,35 | 3,603 | 13,653 | 136,0 |
| 4 | Бронза БрАЖ9-4 | 0,158 | 2,320 | 8,792 | 216,8 |
| 5 | Алюм.спл. Д16Т | --- | --- | --- | 0,010 |

Анализ данных (табл.1) показывает, что рассматриваемый класс покрытий не может быть использован в паре с алюминиевыми сплавами. Возможно причиной этого является низкая адгезия продуктов деструкции и переноса фторопласта к плёнке оксида алюминия, покрывающей контртело, а также абразивное действие оксидов алюминия.

Наибольшие, практически равные в пределах ошибки опыта, ресурсы имеют место в парах трения с контртелами из стали ШХ15 и бронзы БрАЖ9-4. Причём эти трибосистемы имеют и достаточно малые величины приработочных износов.

Наименьший ресурс при наибольшем приработочном износе характерен для нержавеющей аустенитной стали 14Х17Н2, что объясняется её низкой теплопроводностью [3], ведущей к перегреву зоны трения, особенно в период приработки, что отмечено и другими исследователями [4].

Таким образом, для исследованных материалов характерно существенное влияние на ресурс покрытия не только величины износа в стационарный период трения, но и в период приработки. Так, при наибольшей разнице ресурсов (нержавеющая сталь – бронза) в 37,3% приработочные износы в этих же парах трения разнятся на 54,9%. Последнее обстоятельство указывает возможное направление изыскания дополнительных резервов износостойкости в результате оптимизации процесса приработки.

Исследование влияния шероховатости поверхности контртел на параметры рассматриваемых пар трения проводились при тех же режимах. Результаты этих экспериментов приведены в табл.2.

Таблица 2

Влияние шероховатости поверхности контртела
на параметры трения и изнашивания

| № п/п | Шероховатость $R_a$, мкм | Температура К ($^0$C) | Коэффициент трения | Интенсивность изнашивания $\times 10^9$ | Скорость изнашивания $\times 10^3$мм/час | Ресурс $\times 10^{-6}$час |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,025 | 365,3 (92,3) | 0,034 | 4,726 | 1,63 | 2,060 |
| 2 | 0,160 | 385,3 (112,3) | 0,037 | 7,299 | 2,37 | 1,380 |
| 3 | 0,630 | 392,3 (119,3) | 0,043 | 18,162 | 5,77 | О,590 |
| 4 | 0,900 | 393,3 (120,3) | 0,047 | 32,125 | 10,20 | 0,342 |
| 5 | 1,300 | 395,3 (122,3) | 0,049 | 1708,793 | 517,91 | 0,007 |

Обработка результатов экспериментальных исследований позволила получить регрессионные модели вида:

$$V_и=1,618\times 10^{-3}e^{2,038Ra}; \quad (1)$$

$$I=4,77\times 10^{-9}e^{2,151Ra}; \quad (2)$$

$$R=2,045\times 10^{6}e^{-1,988Ra}, \quad (3)$$

где $V_и$ – средняя скорость изнашивания (мм/час); I – интенсивность изнашивания; R –ресурс (цикл).

Все зависимости нелинейны, их графики представлены на рис.2. Использованы полулогарифмические координаты в связи со значительными изменениями Ra.

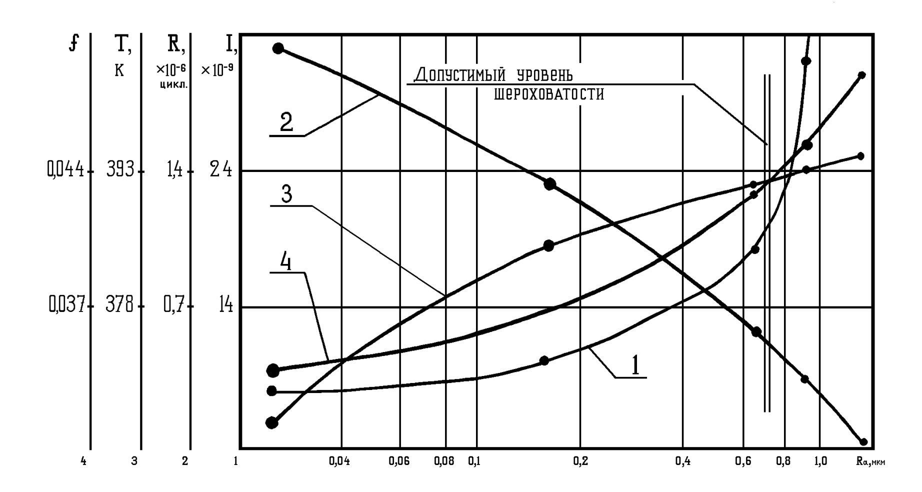



Рис.2. Влияние шероховатости контртела на параметры металлополимерной трибосистемы с композиционным покрытием: 1 – интенсивность изнашивания; 2 – ресурс; 3 – температура; 4 – коэффициент трения

Анализ зависимостей (1-3) свидетельствует о высокой чувствительности всех исследованных параметров выхода к изменению шероховатости контртел. Полученные результаты позволяют установить предельно допустимую величину среднего арифметического отклонения профиля поверхности деталей, контактирующих с рассматриваемыми композиционными, равную 0,6 мкм.

Столь существенное влияние шероховатости контртел может быть объяснено ростом температуры, резко снижающим прочностные характеристики покрытия, и механическим разрушением ослабленных температурой поверхностных моноволокон во фторопластовых нитях [5]. Кроме того, значительная шероховатость затрудняет фрикционный перенос фторопласта на контртело и адгезионное закрепление на нём фрагментов переноса, обеспечивающих смазочное действие.

Интересным фактом является одновременный рост температуры (см. рис.2, кривая 3) и коэффициента трения (см. рис.2, кривая 4). Это связано с более интенсивным ростом деформационной составляющей силы трения, превышающим температурное снижение адгезионных и прочностных свойств полимерного покрытия[5], вызванное ростом шероховатости контртела.

**Выводы.** 1. Установлены марки ряда конструкционных материалов, обеспечивающих наиболее высокие ресурсы в трибосопряжениях с полимерным композиционным покрытием, а также материалы трибологически несовместимые с ним.

2. Доказано наличие рационального диапазона шероховатости контртел в металлополимерных трибосистемах с композиционным покрытием, обеспечивающего их работоспособность, и установлена предельно допустимая величина среднего арифметического отклонения профиля, равная 0,6 мкм.

**Библиографический список**

1. Кохановский В.А., Бородин Е.А. Прогнозирование ресурса трибосистем // Проблемы конструкторско-технологической подготовки производства сельскохозяйственного машиностроения: Сб. науч. тр. – Ростов н/Д: РГАСХМ, 1999. – С.236-248.
2. Кохановский В.А., Петров Ю.А. Эволюция контактных параметров металлополимерных трибосистем// Вестник ДГТУ. - 2004.- Т.4. - №3(21). – С.332-337.
3. Таблицы физических величин: Справочник. / Под ред. И.К.Кикоина. - М.: Атомиздат, 1976. – 1006 с.
4. Синатров А.Н., Смуругов В.А., Савкин В.Г. К механизму фрикционного переноса и самосмазывания ПТФЭ// Трение и износ. - 1991. - Т.12. - №6. – С.1023-1027.
5. Колесников В.И. Теплофизические процессы в металлополимерных трибосистемах. - М.: Наука, 2003. – 279 с.

Материал поступил в редакцию 30.03.07.
V.A. KOHANOVSRY, U.A. PETROFF, M.A. MUKUTADZE, M.H.SERGHEEVA

## THE RIDERS FOR FRICTION PAIRS WITH FLUOROPLASTIC BASED COVER

Results of experimental investigations of the riders parameters considered. The riders contact with the samples covered by metal-fluoroplastic.

**КОХАНОВСКИЙ Вадим Алексеевич** (р. 1939), профессор (1997) кафедры «Технология конструкционных материалов» ДГТУ, доктор технических наук (1995). Окончил технологический факультет РИСХМа (1962).
Область научных интересов – трение и изнашивание, идентификация трибосистем, их надёжность.
Автор более 120 научных публикаций.

**ПЕТРОВ Юрий Александрович** (р. 1938), доцент кафедры «Технология конструкционных материалов» ДГТУ (1992), кандидат технических наук (1990).
Автор более 50 научных работ в области трения и изнашивания высокотемпературных покрытий.

**МУКУТАДЗЕ Мурман Александрович** (р. 1963), доцент кафедры «Высшая математика 2» РГУПСа (2000), кандидат технических наук (1995). Окончил механико-математический факультет РГУ (1985).
Область научных интересов – трение в условиях гидродинамической смазки.
Автор более 20 научных публикаций.

**СЕРГЕЕВА Марианна Христофоровна,** доцент кафедры «Управление качеством» ДГТУ (1995), кандидат технических наук (1986). Окончила РИСХМ.
Автор более 50 научных публикаций в области надежности работы узлов трения.